

ANÁLISES DAS CORRENTES DE PARTIDA DE UM MOTOR TRIFÁSICO ACIONADO POR CHAVE CONVENCIONAL E POR INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Marcelo de Oliveira Souza¹
Jonathas de Oliveira de Jesus²
Edilson Ponciano de Lima³
Agnaldo Cardozo Filho⁴
Isaac Nunes de Oliveira⁵

Engenharia Mecatrônica



ISSN IMPRESSO 1980-1777
ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

As partidas convencionais de motores elétricos são comumente utilizadas nas indústrias brasileiras de diversos seguimentos, apesar da chegada das partidas eletrônicas, muitas indústrias mantêm em seus parques os acionamentos convencionais devido ao seu baixo custo, se comparados às chaves de partidas eletrônicas, para acionamentos de motores de mesma potência. A escolha de um sistema de partida eficiente pode ser considerada uma das regras básicas para se obter, do motor, uma vida útil maior, custos com operação e manutenção reduzidos (MAMEDE FILHO, 2013). Este trabalho apresenta a diferença entre uma partida convencional de motores sem redução da corrente de partida e uma partida eletrônica com a utilização de um inversor de frequência.

PALAVRAS-CHAVE

Acionamentos de Motores. Inversor de Frequência. Partida Convencional.

ABSTRACT

Conventional electric motor starters are commonly used in Brazilian industries of various components, including their own electronic starters, many industries maintain their own conditioning, motors of the same power. The choice of an efficient starting system can be seen in a few basic headings to obtain an engine, a longer service life, reduced operation and maintenance costs (Mamede Filho, 2013). This work presents a difference between a conventional starting of motors without reduction of the starting current and an electronic starting with a use of a frequency inverter.

KEYWORDS

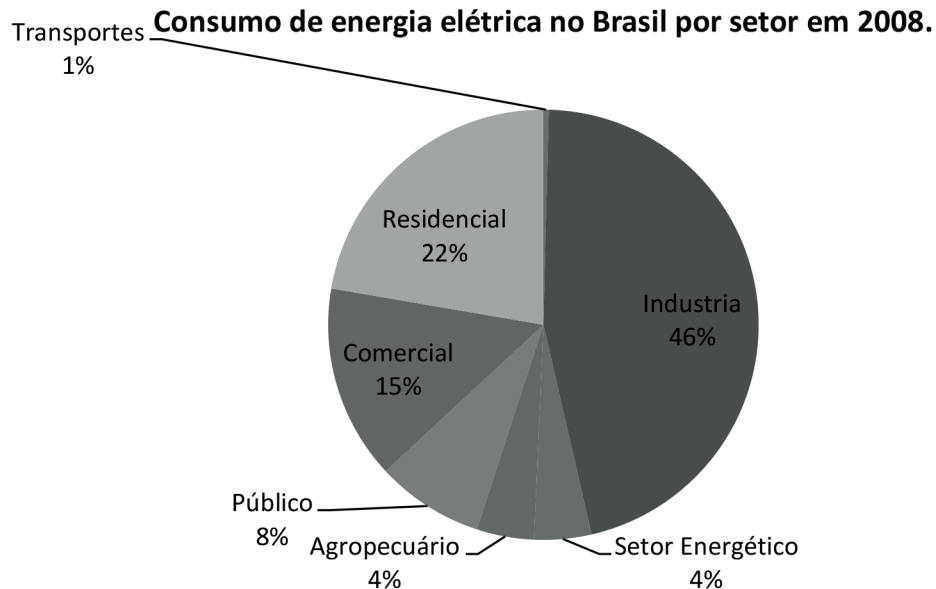
Engine Drives. Frequency Inverter. Conventional Starter.

1 INTRODUÇÃO

Segundo (BARROS et al., 2010) quarenta e seis por cento de toda energia gerada no Brasil é consumida nas indústrias e, deste total, sessenta e oito por cento é utilizada para acionamento de motores elétricos, conforme mostram os Gráficos das Figuras 1 e 2, respectivamente. Estes motores necessitam de meios que permitam suas partidas sem prejuízo para os alimentadores já que demandam valores de correntes elevadas.

Segundo (MAMEDE FILHO, 2013), na partida, motores elétricos solicitam da rede de alimentação correntes de valores maiores, podendo atingir de 6 a 10 vezes a sua corrente nominal. A consequência é que o sistema fica submetido a uma queda de tensão muito superior aos limites calculados para seu funcionamento normal, podendo ocasionar distúrbios operacionais sérios nos equipamentos de comando e proteção. Porém (MAMEDE FILHO, 2013) alerta que a influência das partidas de motores elétricos sobre o consumo é muito baixa, pois estes partem com fator de potência muito baixo, reduzindo consequentemente o consumo de energia ativa.

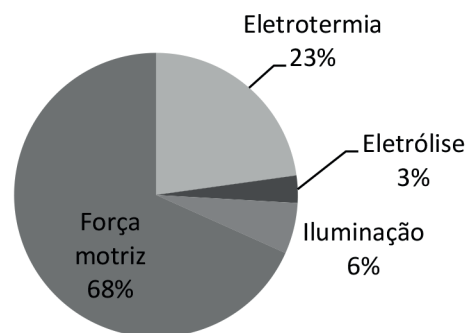
Figura 1 – Consumo de energia elétrica no Brasil por setor em 2008



Fonte: Gerenciamento de energia – Ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica (2010, p. 29).

Figura 2 – Distribuição do consumo de energia elétrica por uso final na indústria de alta tensão no Brasil em 2005

Distribuição do consumo de energia elétrica por uso final na indústria de alta tensão no Brasil em 2005



Fonte: Gerenciamento de energia – Ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica (2010, p. 29).

Outro problema encontrado é o aquecimento causado nos motores pelas correntes iniciais ou correntes de partida. A elevada corrente que resulta da partida de um motor provoca perdas excessivas nos enrolamentos estatóricos e rotóricos dos motores elétricos (MAMEDE FILHO, 2013). Como elas atingem valores elevados o aquecimento também é elevado em seus enrolamentos condutores, o que provoca uma redução da vida útil dos motores. Para Mamede Filho (2013), a vida útil de um

motor está diretamente ligada ao aquecimento das bobinas dos enrolamentos fora dos limites especificados e calculados pelos fabricantes da máquina, o que provoca temperaturas superiores aos limites da isolação.

Conforme Mamede Filho (2013) um aumento de 10° na temperatura de um motor pode reduzir sua vida útil à metade. Para Creder (2014), a sobrecarga em um motor é indicada por elevação de temperatura e esta elevação pode danificar o isolamento dos condutores das bobinas. Abaixo se tem as equações utilizadas para o cálculo das potências de perda nos enrolamentos durante a partida transformada em calor.

Enrolamentos estatóricos

$$P_e = \frac{3 \times R_e \times I_p^2}{1000} \text{ (kw)}$$

R_e – resistência estatórica, em Ω ;

I_p – corrente de partida em A.

Enrolamentos rotóricos

$$P_r = \frac{0,01974 \times J_{mc} \times W_s^2}{F^2 \times T_{ac}} \text{ (kw)}$$

W_s – velocidade angular síncrona do motor, em rpm;

F – frequência da rede, em Hz;

J_{mc} – momento de inércia do motor e da carga em kg.m^2 ;

T_{ac} – tempo de aceleração do motor, em s.

Potência total

$$P_t = P_e + P_r$$

Potência de perda em regime normal

$$P_m = P_{nm} \times 0,736 \times \frac{1 - \eta}{\eta} \text{ (kw)}$$

P_{nm} – potência nominal do motor;

η – rendimento do motor.

Potência de perda eficaz referente à operação normal durante o ciclo de carga

$$P_{ef} = \sqrt{\frac{(P_p^2 \times T_{ac} + P_{rn}^2 \times T_r)}{T_c}} \quad (kw)$$

Temperatura do motor devida ao ciclo de operação

$$\Delta T_{op} = \frac{\Delta T_n \times P_{ef}}{P_{rn}} \quad (^\circ C)$$

ΔT_{op} – elevação de temperatura acima da ambiente, em ;

ΔT_n – elevação da temperatura nominal do motor, em .

Para Mamede Filho (2013) a sobrelevação da temperatura nominal dos motores depende de sua classe de isolamento. Para efeito de cálculos considera-se a temperatura ambiente em 40°C.

Como solução para os problemas ocasionados pelas correntes elevadas nas partidas, usa-se as chaves de partidas convencionais indiretas ou as partidas eletrônicas que possuem um custo mais elevado, mas, oferecem uma série de benefícios se comparadas às convencionais. Nosso objetivo é comparar uma partida convencional com uma partida eletrônica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para Franchi (2015) um dos momentos mais críticos é a partida de motores elétricos, pois neste instante os motores solicitam da rede de alimentação uma corrente muito maior do que a corrente em regime contínuo, devido à mudança de estado da inércia do motor. A isto Franchi (2015) define como pico de corrente. Conforme Mamede Filho (2013) todo motor necessita em cada instante de um conjugado maior do que o conjugado da carga ou conjugado resistente, como é conhecido, que será acoplada ao seu eixo para que seu funcionamento seja adequado.

Para que a parte rotórica do motor consiga sair do seu estado de inércia inicial e se ponha em movimento, o motor necessita receber em seus terminais um valor de corrente superior a corrente nominal, proporcionando, com isto, um conjugado maior, tanto para vencer o conjugado resistente da carga como também para vencer o conjugado resistente de sua própria estrutura rotórica.

Quando são utilizadas partidas convencionais deve-se manter o cuidado para a relação partida/processo, pois alguns sistemas não possibilitam a partida do processo com cargas acopladas, tendo, portanto, a necessidade de desacoplar as cargas do eixo do motor para então iniciar seu processo de acionamento até uma velocidade, que é dada em rotações por minuto (rpm), suficiente para, que, na mudança da configuração de alimentação do bobinado do motor, o sistema não tenha picos de corrente maior ou igual a um sistema de partidas direta, e então, a partir deste momento inserir as cargas novamente ao eixo do motor.

De acordo com o manual de comando e proteção WEG, em casos onde a corrente de partida é elevada, as seguintes consequências prejudiciais podem ocorrer: O sistema de alimentação da rede pode sofrer elevada queda de tensão, podendo provocar interferência em equipamentos instalados em todo o sistema elétrico; Todo sistema de proteção deverá ser superdimensionado, aumentando os custos de implantação e manutenção; Um outro fator é a limitação da queda de tensão que é imposta pelas concessionárias de energia elétrica, possibilitando que apenas motores de pequeno porte possam ser ligados a rede de forma direta.

Conforme o manual de comando e proteção WEG, em casos onde seja inviável a utilização de uma partida direta, devido a algum dos fatores, acima citados, pode-se fazer uso de uma das partidas chamadas indiretas, com consequente redução da corrente de partida. As partidas indiretas são: Chave estrela-triângulo; Chave compensadora; Chave série-paralelo; Reostato; Partidas eletrônicas (soft-starter e inversor de frequência).

O presente trabalho analisa o comportamento das correntes de acionamento de um motor trifásico do tipo gaiola de esquilo por partida direta e de uma partida eletrônica, utilizando um inversor de frequência. E por fim, foi realizada uma comparação entre os resultados obtidos.

3 SISTEMAS DE PARTIDAS ANALISADAS

3.1 PARTIDA DIRETA

Para Mamede Filho (2013) é o método mais simples onde não se emprega dispositivos especiais de acionamento. Em uma partida direta se utiliza apenas um contator, um conjunto de botoeiras e um dispositivo de proteção para a parte de força e para o comando, podendo este ser separado. Segundo Mamede Filho (2013) tem três fatores que devem ser considerados para efetuar a ligação de um motor a rede diretamente. Os fatores são: Corrente de partida do motor irrelevante em relação a corrente nominal da rede; Motor de potencia baixa propiciando uma corrente de partida de baixo valor; O motor parte sem carga. Mamede Filho (2013) cita ainda que há dois

fatores que impedem que uma partida direta seja efetuada: Potência do motor acima do permitido pela concessionária para ligação direta a rede de alimentação; Cargas que necessitem de acionamento lento e progressivo.

Para Franchi (2015) as vantagens de se usar uma partida direta são: Equipamento Simples e de fácil construção e projeto; Conjugado de partida elevado; Partida rápida; Baixo custo.

3.2 INVERSOR DE FREQUÊNCIA

A tecnologia antecedente aos inversores era chamada de cicloconversores, utilizados para converter a frequência da rede 60hz em frequências mais baixas CA-CA, com o avanço da tecnologia criou-se o inversor, que por sua vez converte CA-CC e depois CC-CA (SENAI, 2012).

O principal objetivo dos inversores de frequência não é simplesmente partir motores elétricos, mas, controlar sua velocidade durante os diversos processos industriais. Segundo Mamede filho (2013) os inversores de frequência são utilizados nas indústrias químicas e petroquímicas, cimento, têxtil, bebidas, siderúrgicas etc., onde, se necessita de um amplo controle de velocidade dos motores em função dos processos de manufatura.

Como o inversor é uma partida eletrônica, pode-se obter também um controle nas partidas e paradas de motores. Pode-se fazer com que os motores saiam do seu estado de inércia em rampa, permitindo que não se tenha picos de corrente, ou em outros casos para motores com cargas acopladas ao seu eixo. Para Creder (2014) as vantagens de se utilizar um inversor são: Rendimento de 90% em toda a faixa de velocidade; Fator de potencia de 96%; Acionamento de cargas de torque constante ou variável; Faixa de variação de velocidade, podendo chegar a 1:20; Eliminação de correntes de partidas elevadas, com a possibilidade de partida em rampa; Aplicação em motores normalizados; Acionamentos de motores com frequência, podendo variar de 1 à 60Hz; Elimina aquecimentos anormais; Elimina vibrações exageradas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observou-se que ao utilizar a chave de partida direta, da bancada didática da fabricante AUTOMATUS, cada vez que a botoeira LIGA foi acionada a corrente mostrada no amperímetro analógico passou dos 30A, sendo o resultado maior do que o aparelho pode medir. Na medição constatou-se que o ponteiro do amperímetro subiu quase que instantaneamente, depois desceu para a corrente nominal, onde ficou próximo dos 4 amperes. A tensão mostrada no voltímetro foi de 218 Volts. O motor não apresentava nenhuma carga acoplada ao seu eixo.

Para a partida com inversor de frequência, observou-se que ao acionar a botoeira LIGA, presente no painel frontal da bancada, o inversor aplicou de forma gradual valores de corrente no bobinado do motor, permitindo que ele saísse do seu momento de inércia de forma suave até atingir a rotação nominal. Observou-se que a aplicação de corrente foi em rampa. A rampa foi pré-programada nas configurações do inversor. No amperímetro analógico presente na bancada notou-se a mínima deflexão do seu ponteiro. A corrente apresentada em sua IHM foi de 1,3A. A tensão de alimentação permaneceu em 218 Volts.

Figura 3 – Corrente observada no motor com a utilização do inversor de frequência. O aparelho utilizado foi um alicate amperímetro do fabricante Minipa, modelo ET3710



Fonte: Pesquisador.

Figura 4 – Corrente observada no motor com a utilização de um partida direta



Fonte: Pesquisador.

Figura 5 – Bancada Automatus



Fonte: Pesquisador.

Figura 6 – Amperímetro analógico



Fonte: Pesquisador.

Figura 7 – Voltímetro analógico



Fonte: Pesquisador.

Figura 8 – Placa do motor utilizado



Fonte: Pesquisador.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos problemas encontrados quando se opta por manter as partidas convencionais é uma consequente perda da vida útil dos motores elétricos que são acionados por elas, pois o aquecimento excessivo gerado pelas correntes de partida em cada acionamento efetuado reduz, consideravelmente, as características térmicas dos condutores presentes no bobinado da máquina.

Outro fator a ser considerado é a possibilidade de queda de todo um sistema produtivo, devido às quedas de tensão geradas nos sistemas alimentadores, provocadas pelos acionamentos de máquinas elétricas com partidas convencionais, como por exemplo, uma partida direta de motores.

Sendo assim, observou-se que a chave de partida direta provoca um alto pico de corrente na partida de motores trifásicos do tipo rotor gaiola de esquilo, provocando aquecimento excessivo no bobinado dos motores. A utilização do inversor de frequência para acionamento de motores mostra-se bastante eficiente com relação à eliminação da corrente de pico, evitando-se o aquecimento em excesso dos condutores, como também, o risco de interferência em outras máquinas pertencentes ao mesmo sistema.

REFERÊNCIAS

BARROS, Benjamim Ferreira de; BORELLI, Reinaldo; GEDRA, Ricardo Luis. **Gerenciamento de energia:** ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica. São Paulo-SP: Érica Ltda., 2010.

CREDER, Hélio. **Instalações elétricas.** 15.ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2014.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos elétricos**. 5.ed. São Paulo-SP: Érica, 2015.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 8.ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2013.

SENAI - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Série automação industrial/Acionamento de dispositivos atuadores**. RS: SENAI, 2012.

Data do recebimento: 11 de dezembro de 2016

Data da avaliação: 8 de janeiro de 2017

Data de aceite: 4 de fevereiro de 2017

-
1. Discente do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: marcelo.souza@al.senai.br
 2. Discente do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: jonathas_pj@hotmail.com
 3. Docente do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: prof. ponciano@gmail.com
 4. Docente do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: eng. agnaldofilho@gmail.com
 5. Docente do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: isaacnunesdeoliveira@gmail.com